

Generating and distributing electrical and thermal energy from a force-heat coupling, especially unit-type thermal power station, involves generating, transporting electrical energy as thermal current

Patent number: DE10003914
Publication date: 2000-10-12
Inventor: BUDE FRIEDRICH (DE)
Applicant: BUDE FRIEDRICH (DE)
Classification:
- international: F02G5/00
- european: F02G5/00; F24D10/00
Application number: DE20001003914 20000129
Priority number(s): DE20001003914 20000129; DE19991009429 19990223

Abstract of DE10003914

The method involves generating and distributing electrical and thermal energy from a force-heat coupling, especially a unit-type thermal power station (6), in a territory (1) with central and distributed energy tapping structures. The thermal energy is transported to the central tapping points via a short/long distance thermal conductor (7,8). The electrical energy is generated as a so-called thermal current with variable voltage and/or frequency, fed into a separate thermal current network, passed to the distributed tapping points consisting of thermal current loads at which thus thermal energy is generated in a heating system installed at a distributed tapping point.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

02P 16208



82

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 100 03 914 A 1

⑤ Int. Cl.⁷:
F 02 G 5/00

⑳ Aktenzeichen: 100 03 914.6
㉔ Anmeldetag: 29. 1. 2000
㉕ Offenlegungstag: 12. 10. 2000

DE 100 03 914 A 1

⑥⑥ Innere Priorität:
199 09 429. 2 23. 02. 1999

⑦① Anmelder:
Bude, Friedrich, Dr.-Ing., 03050 Cottbus, DE

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Verfahren zur Erzeugung und Verteilung von Elektro- u. Wärmeenergie aus einer Kraft-Wärme-Kopplung, insbesondere einem Blockheizkraftwerk

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung und Verteilung von Elektro- und Wärmeenergie aus einer Kraft-Wärme-Kopplung, insbesondere einem Blockheizkraftwerk, in einem mit zentraler und dezentraler Abnehmerstruktur versehenen Territorium, wobei die Wärmeenergie über eine Fernwärmeleitung zu den zentralen Abnehmern transportiert wird.

Dabei soll ein ökonomisch, ökologisch und technisch einfach zu realisierendes Verfahren entwickelt werden, bei dem eine Kopplung von dezentralen Wärmeabnehmer-einheiten mit einer zentralen örtlichen oder regionalen Wärmeversorgungseinheit erreicht werden, eine hohe Versorgungssicherheit gewährleistet und Lastschwankungen vermieden bzw. ausgeglichen werden sollen, ohne dazu bestehende dezentrale oder zentrale Energieversorger zu nutzen bzw. zu belasten.

Dies wird dadurch erreicht, daß erfindungsgemäß die Elektroenergie als ein sogenannter Wärmestrom mit variabler Spannung und/oder variabler Frequenz erzeugt, in ein separates Wärmestromnetz eingespeist, zu den dezentralen aus Wärmestromverbrauchern bestehenden Abnehmern geleitet und damit in einer bei den dezentralen Abnehmern installierten Heizungsanlage Wärmeenergie erzeugt wird.

DE 100 03 914 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung und Verteilung von Elektro- und Wärmeenergie aus einer Kraft-Wärme-Kopplung, insbesondere aus einem Blockheizkraftwerk, in einem mit zentraler und dezentraler Abnehmerstruktur versehen Territorium, wobei die Wärmeenergie über eine Fernwärmeleitung zu den zentralen Abnehmern transportiert wird.

Darlegungen zum Stand der Technik

In Abhängigkeit von der Größe einer Gemeinde und/oder eines Gewerbegebietes und aus ökologischen Gründen wird in vielen Fällen die Entscheidung getroffen, zur Versorgung der Abnehmer im Territorium mit Wärmeenergie eine Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage, insbesondere ein Blockheizkraftwerk, zu bauen.

Dabei erfolgt die Wärmeversorgung der zentral im Territorium angesiedelten Abnehmer und/ oder des Gewerbegebietes über eine Nah/Fernwärmeleitung, während die erzeugte Elektroenergie in das öffentliche Verteilernetz eingespeist wird.

Die dezentral angesiedelten Abnehmer sind aus ökonomischen Gründen nicht an die Fernwärmeleitung anschließbar, so daß diese mit autarken Kohle-, Öl-, Gas- oder Elektroheizungen versehen sind.

Der Betrieb dieser autarken Heizungsanlagen ist jedoch vom schwankenden Preis des jeweiligen Energieträgers abhängig. Außerdem sind erhebliche Aufwendungen für Speicherbehälter, Transport und Kesselanlagen bei Kohle-, Öl- oder Gas-Heizungen erforderlich. Darüber hinaus treten erhebliche ökologische Belastungen auf.

Demgegenüber sinken durch den liberalisierten Strommarkt die Elektroenergiekosten erheblich. Die bisher besonders hohen Betriebskosten bei Elektrodirektheizungen gegenüber Gas/Öl-Heizungen werden somit relativiert/gemindert. Der elektrische Wärmepumpenbetrieb erfordert unverhältnismäßig hohe Investitionskosten, welche trotz vom Energieversorger subventioniertem Strompreis nur selten eine Wirtschaftlichkeit erbringt. Aber auch hier ist wegen des ökologisch vorteilhaften Betriebes mit staatlichen Subventionen bzw. geringeren Energiesteuern zu rechnen. Bei den Nachtstromspeicheheizungen ist mit vom Energieversorger subventioniertem Nachtstrom eine Wirtschaftlichkeit heute schon gegeben. Generell kann zukünftig mit einer Annäherung der Energiepreise für Strom und Wärme gerechnet werden, so daß die Wärmeversorgung über Elektroenergie sich preiswerter gestaltet.

Für den Betreiber der Kraft-Wärme-Kopplungsanlage bzw. des Blockheizkraftwerkes ergibt sich bei Einspeisung des erzeugten Stromes ins Netz, daß eine starke Abhängigkeit von der Ganglinie des Verbrauches bei den Abnehmern, eine ökonomische und technologisch günstige Betriebsweise nicht zulassen.

Die Netzeinspeisung durch das Blockheizkraftwerk, welches nicht wirtschaftlich mit dem Stromnetzbetreiber verbunden ist, ist in der Regel mit erheblichen Nachteilen verbunden:

1. Die Energieaufsicht genehmigt zwar die Anlage, hat aber nur in wenigen Ausnahmen die Möglichkeit die Strompreisvergütung des abnehmenden Stromnetzbetreibers für den eingespeisten Strom zu beeinflussen. Der Stromnetzbetreiber möchte den niedrigsten Preis für die Einspeisung zahlen. Die diskontinuierliche Einspeisung, von einer witterungsabhängigen Wärmeherzeugung abhängig, ist nicht vorab planbar und sichert

deshalb nur niedrige Gewinne. Damit entsteht eine große langfristige Abhängigkeit des Blockheizkraftwerkbetreibers vom Stromnetzbetreiber und neuerdings auch vom Angebot des liberalisierten Strommarktes.

2. Die Stromeinspeisung kann vom Stromnetzbetreiber wegen Netzlast-Über- und/oder -Unterschreitungen abgelehnt, eingeschränkt oder von zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen (z. B. Leitungsverlegung bis zu einer Umspannanlage für das spannungshöhere Netz) abhängig gemacht und die Durchleitungsbedingungen zu fremden Abnehmern erschwert werden.

3. Die Kraft-Wärme-Kopplungsanlage bzw. das Blockheizkraftwerk versorgt nur die nahen Abnehmer mit Wärme, die zu geringer Abnehmerleistung führt zu einer geringen Akzeptanz bei den Abnehmern. Investoren und/oder den Behörden/Volksvertretern. Oben genannte Nachteile im Zusammenhang mit der niedrigen Jahresbetriebsstundenzahl des wärmegeführten Blockheizkraftwerkes sichern meist keinen ökonomischen Betrieb.

Die Versorgung dezentraler Wärmeabnehmer mit Kohle, Gas und/oder Öl ist insbesondere in gebirgigen, sumpfigen und flußreichen Gegenden, Inselgebieten und sonstigen unwirtschaftlichen Bereichen aufwendig. In diesen Gebieten haben die Verbraucher oft auch dezentrale oder zentrale Stromversorger, welche in ihrer Leistung begrenzt für zusätzliche elektrische Wärmeversorgung oder Stromeinspeisung eines Blockheizkraftwerkes in das vorhandene Stromnetz nicht ausgelegt sind. Auch kann die zusätzliche Wärmeversorgung auf Basis von Netzstrom sehr aufwendig sein, sie ist meist monopolisiert und kann durch die Stromnetzbetreiber für unkontrollierte Preissteigerungen und Gewinne genutzt werden. Auch die zukünftige Errichtung dezentraler Primärenergieumwandler und Anlagen auf Basis erneuerbarer Energien wird deshalb erheblich gehemmt. Dies trifft insbesondere für Bereiche der Dritten Welt und relativ versorgungsisolierter Gebiete zu.

Auch aus ökologischer Sicht ist der überproportionale Ausbau eines Stromversorgungsnetzes und seiner Stromerzeuger begrenzt.

In der Patentschrift DD 101 104 wird ein kombiniertes System der Wärmeversorgung beschrieben, bei welchem der über eine Kraft-Wärme-Kopplung erzeugte Strom genutzt wird, um einen Teil des wesentlich teureren Fernwärmenetzes einzusparen und dafür die billigere elektrische Erschließung eines Teils des Versorgungsgebietes zu ermöglichen. Nachteilig ist aus heutiger Sicht, daß die angebliche Wirtschaftlichkeit nicht eintritt, weil Strom mit festliegenden Spannungsgrenzen und Frequenzen in vorhandenen Netzen transportiert werden und damit alle elektrische Anlagen und Nutzer auf diese Spannung/Frequenz ausgerichtet und angewiesen sind. Der Strom wird zwar ohne Blockumspanner über übliche elektrische Leitungen in das elektrische Verteilungsnetz gespeist (d. h. das Hochspannen des Stromes üblicherweise in ein Mittel- oder Hochspannungsnetz mit verlustarmem Transport bis zum anschließende Umspannen auf das Niederspannungs-Verteilernetz entfällt, dieser Transport wird direkt mit der Generatorspannung als Niederspannung transportiert), das aber eine Verstärkung des ohnehin erforderlichen elektrischen Verteilungsnetzes notwendig macht.

Das System hat damit den Nachteil, daß "standardisierte" Elektroenergie in ein Stromversorgungsnetz eines Betreibers bzw. in einem Gebiet, dessen Versorgungssicherheit durch einen Betreiber zu garantieren ist und welcher deshalb auch über die Liefer- und Leistungskonditionen entscheidet, so-

gar teilweise die Einspeisung von Fremdstrom unter bestimmten Bedingungen ausschließen kann, eingespeist werden muß. In diesem Falle sind auch die Einspeisebedingungen

(Spannung/Frequenz/Blindleistung/Spitzenleistung/Minderleistung) streng einzuhalten. Diese Bedingungen in Verbindung mit dem Versorgungsmonopol führen dazu, daß der vom Blockheizkraftwerk oder Heizkraftwerk eingespeiste Strom für Heizzwecke in der Regel zu teuer und eine Versorgung auf dieser Basis unwirtschaftlich ist. Die Nutzung von Heizstrom wird zur Zeit nur in den Nachtstunden bei geringer Auslastung des Stromerzeugers wirtschaftlich, weil damit die Stromerzeugungsanlage nicht außer Betrieb genommen oder in Teillast gefahren werden muß. Deshalb wird Nachtstrom teilweise auch durch die Stromversorger kostensubventioniert.

Für die Wärmeversorgung einer Schule wurde eine direkte Kopplung zwischen Blockheizkraftwerk und Elektrowärmepumpe konzipiert (Mitteilung: Wärmepumpe - Juni 1994). Auch hier besteht der Nachteil, daß standardisierter Strom erzeugt, die Wärmepumpe versorgt und das Stromerzeugungssystem über das Stromnetz abgesichert und mit diesem gekoppelt ist. Damit stehen die gleichen bereits beschriebenen Probleme mit dem Netzbetreiber.

In der Patentschrift DD 224 096 werden Absorptions- und Kompressionswärmepumpen mit der Abdampfseite einer Turbine gekoppelt. Hier wird zwar eine Optimierung bei der Nutzung von Abdampfwärme erreicht, auch der Strombedarf für die Kompressionswärmepumpe und andere Aggregate vom Generator abgezweigt, jedoch erzeugerfernen Wärmebedarf zu decken, läßt sich damit nicht lösen.

In der Patentschrift DE 40 14 160 wird ein kombiniertes System von Kraft-Wärme-Kopplung und Elektrowärmepumpe mit einem dezentralen Stromsystem betrieben. In der heizungsfreien Zeit soll der Strombedarf über Solarzellen gekoppelt mit mechanischen Speicher realisiert werden. In der Heizperiode dagegen soll der Strom über Kraft-Wärme-Kopplung und die Wärme über mechanisch gekoppelte und elektrische Wärmepumpe aus dem dezentralen Netz betrieben werden. Dabei wird der erzeugte Strom in Stationen gesammelt und dem Verbraucher zugeführt. Es wird durch Zu- und Abschalten elektrischer Wärmepumpen der allgemeine Strombedarf bzw. -überhang ausgeglichen, weil ein Ausgleich der Stromschwankungen erforderlich ist, d. h. im Sinne einer Spannungs/Frequenzregelung. Trotzdem besteht der Nachteil, daß am Installationsort schon ein Stromversorger installiert ist oder dieser durch das neue System ersetzt werden muß. Das setzt wiederum die vorher schon genannten Nachteile der Sicherung der allgemeinen Stromversorgung mit konstanter Spannung und Frequenz voraus. Mit Sicherheit kann dieses System diese Qualitätsansprüche nicht erreichen.

Auch in der Patentschrift DE 39 29 317 wird ein dezentrales Strom und Wärmeversorgungssystem beschrieben, welches die Fremdversorgung für Start- bzw. Notversorgung bei Versagen aller vorgesehenen Redundanzen gewährleistet. Es wird mittels mechanischen Speichern, wie Schwungrad, Absorptionswärmepumpen oder Wirbelstrombremsen, versucht, ein "standardisiertes" Stromnetz autark zu erhalten. Ziel dabei ist aber immer, daß bei konstanter Drehzahl (bedingt durch den Generator) gearbeitet werden muß, um die Qualität zu sichern. Hier treten damit die gleichen Probleme des traditionellen Stromsystems auf.

Alle diese Lösungen haben einen entscheidenden Nachteil: Der elektrische Wärmeerzeuger wird mit normalem Netzstrom, wie alle anderen Stromabnehmer, gespeist. Auch wenn von einem sogenannten Inselbetrieb gesprochen wird, ist ein frequenz- und spannungskonstanter Strom Voraussetzung. Der "hochwertige" Netz-Strom ist immer an ein ein-

heitlichen Netz mit einem Versorgungsmonopol mit Versorgungs- und Netzsicherungspflicht gebunden. Der Aufwand für die Qualitätssicherung ist hoch, damit ist die elektrische Stromversorgung für die Wärmebereitstellung gegenüber Gas und Öl unwirtschaftlich.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine ökonomisch, ökologisch und technisch einfach zu realisierendes Verfahren zu entwickeln, bei dem dezentrale Wärmeabnahmereinheiten mit einer zentralen örtlichen/regionalen Wärmeversorgungseinheit gekoppelt und die Versorgungssicherheit und Lastschwankungen im System ausgeglichen werden sollen, ohne parallel dazu bestehende dezentrale oder zentrale öffentliche Energieversorger zu nutzen bzw. zu belasten.

Dies wird dadurch erreicht, daß erfindungsgemäß die Elektroenergie als ein sogenannter Wärmestrom mit variabler Spannung und/oder variabler Frequenz erzeugt, in ein separates Wärmestromnetz eingespeist, zu den dezentralen aus Wärmestromverbrauchern bestehenden Abnehmern geleitet und damit in einer bei den dezentralen Abnehmern installierten Heizungsanlage Wärmeenergie erzeugt wird.

So wird erfindungsgemäß z. B. in einem Blockheizkraftwerk mittels Dampf oder Verbrennungsgas ein Turbinenrad/Verbrennungsmotor angetrieben. Die Drehzahl des mit dem Turbinenrad/Verbrennungsmotor gekoppelten Generators ist nicht, wie üblich bei der Erzeugung eines spannungs- und frequenzfesten Netzstromes, konstant, sondern je nach Menge und Parameter des Turbinen/Motorantriebsmediums beliebig und nur abhängig vom Widerstand am Generator, welcher durch die abgenommene Wärmestrommenge bestimmt wird. Der im Generator erzeugte Strom unterliegt keinerlei Steuerungen hinsichtlich der Qualität (Frequenz/Spannung) und wird vom Generator über separate Wärmestrom-Leitungen nur zu Wärmeerzeugern, wie elektrischen Wärmepumpen oder/und Widerstandsheizungen geleitet. Die Abgaswärme der Dampf- oder Gasturbine bzw. des Verbrennungsmotors dient zur Fernwärmeversorgung im üblichen Sinne.

Dadurch stellt sich eine beliebige Turbinen-, bzw. Motor- mit Generator Drehzahl ein, welche von der Wärmestromabnahme der Wärmeverbraucher im Wärmestromnetz bzw. von dem von der Stromabnahme abhängigen Drehwiderstand am Generator beeinflusst wird.

Erfindungsgemäß wird über die Spannung und die Frequenz des Wärmestromes die Heizleistung der Widerstandsheizung bzw. die Pumpleistung zur Verdichtung in der Wärmepumpe und deren Vorlauftemperatur beeinflusst. Über Regelung der Strommengenabnahme bei den Abnehmern für elektrische Heizungen und Wärmepumpen ist deren Heizleistung zu steuern. Zur Minderung von Netzverlusten ist das Wärmestromnetz so geregelt, daß mit minimaler Frequenz und Spannung gearbeitet wird.

Erst wenn ein oder mehrere Wärmestromabnehmer seine oder ihre geregelte Strommenge ausgefahren hat oder haben und noch nicht ausreichend beheizt ist oder sind, wird die Brennstoffzufuhr zum Turbinen/Motor-System gesteigert, damit die Drehzahl des Generators mit der unregelmäßigen Spannung oder Frequenz im Wärmenetz erhöht wird und umgekehrt.

Wahlweise wird aber auch der Wärmebedarf des Abwärmesystems der Turbine mit seinen nachfolgenden Abnehmern die zu fahrende Frequenz/Spannung des Wärmestromnetzes dadurch geregelt, daß je nach Bedarf an Abgaswärme ebenfalls oder statt dessen die Brennstoffzufuhr geregelt wird.

Erfindungsgemäß sind Windkraftanlagen und andere autarke Kleinstromerzeuger, wie Photovoltaikanlagen an das Wärmestromnetz anschließbar. Damit entfällt bei diesen Erzeugern ebenfalls eine aufwendige Spannungs- und Frequenzanpassung.

Darüberhinaus sind erfindungsgemäß auch Lüftungs-, Klima- und/oder weitere nicht stromqualitätsabhängige Anlagen so betreibbar.

Ausführungsbeispiel

An zwei Ausführungsbeispielen wird die Erfindung näher erläutert. Die Zeichnung zeigt den Lageplan der zentral und dezentral angesiedelten Abnehmer in einem Territorium sowie die Erzeugung von Elektro- und Wärmeenergie und die Versorgung der Abnehmer.

Das Territorium 1 mit dem zentralen Siedlungsteil 2, den dezentralen Siedlungsteilen 3, den dezentralen Einzelhäusern 4 und dem Gewerbezentrum 5 weist zur Wärmeversorgung das Blockheizkraftwerk 6 auf.

Das Blockheizkraftwerk 6 besteht im Beispiel 1 aus ein oder mehreren in der Zeichnung nicht dargestellten Systemen von Verbrennungsmotoren gekoppelt mit Generatoren 25 und einer Elektroenergieableitung 17, sowie Abgas-Wärmetauschern, welche die erzeugte Fernwärme in die Fernwärmeleitungen 7 und 8 analog der Zeichnung einspeisen.

Die Elektroenergieableitung 17 des Generators 25 ist in Beispiel 1 und 2 über die Ringleitung 16 mit den dezentralen Siedlungsteilen 3 und den dezentralen Einzelhäusern 4 verbunden und wird als dezentrale Wärmestromleitung im Inselbetrieb betrieben.

Die Verbraucher der dezentralen Siedlungsteile 3 und der dezentralen Einzelhäuser, 4 sind mit Elektroenergie betriebenen Heizungsanlagen versehen. Solche Heizungsanlagen sind z. B. elektrische Wärmepumpen-Heizungsanlagen 18 und/oder elektrische Widerstands-Heizungsanlagen 20. Dabei sind Wärmepumpen-Heizungsanlagen 18 aufgrund des guten Umwandlungswirkungsgrades besonders effektiv.

Im Beispiel 1 stellt ein standardisiertes Blockheizkraftwerk 6 mit drei Gas-Motor-Generator-Systemen, welche nicht in der Zeichnung dargestellt sind, mit je 170 kW Primärenergieeinsatz maximal ca. 150 kW Elektroenergie und 300 kW thermische Energie bereit und erreicht durch Abschaltung von Anlagen ein Teillastverhalten bis zu 17% Vollast. Mit diesem System werden über das Wärmestromnetz 16 bis zu 9 Wohneinheiten mit Wärmepumpen der elektrischen Leistung von 6 kW und 10 Wohneinheiten oder Einfamilienhäuser mit Nachtspeicherheizungen und Elektrodirektheizungen bis 12 kW pro Wohneinheit des dezentralen Siedlungsteiles 3 und der Einzelhäuser 4 versorgt. Diese Wohneinheiten stehen relativ verstreut in bergigem Gelände. Die 450 kW thermische Energie verteilen sich in der unmittelbaren Umgebung des Blockheizkraftwerkes 6 auf die Fernwärmeleitung 8, welche 20 Wohneinheiten mit je ca. 15 kW Wärmeleistung des zentralen Siedlungsteiles 2 und einen zentralen Wärmeverbraucher, das Gewerbezentrum 5 oder eine Schule mit einem Wärmebedarf von 150 kW versorgt.

Im Beispiel 2 weist das Blockheizkraftwerk 6 entsprechende Zeichnung die Brennkammer 9 mit der Brennstoff-Luft-Zufuhr 10, das Stellventil 11 mit Brennstoff-Luft-Regler 12, die Meßstelle für die Brennstoff-Luftmenge Bi, die Gasturbine 13 mit der Drehzahlmeßstelle ni, den Abgasteil 14, den Gasturbinen-Bypaß 29 mit dem Bypaß-Regler 30, den Generator 25, den Wärmetauscher 15, die Abgastemperaturmeßstelle Tai, den Abgasschornstein 19, die Fernwärmepumpe 31, die Fernwärmemengenmeßstelle mi, die Fernwärmetemperaturmeßstelle Ti, die Fernwärmeleitung 7 für

das Gewerbezentrum 5 und die Fernwärmeleitung 8 für den zentralen Siedlungsteil 2 auf. Der Fernwärmeausgang des Wärmetauschers 15 ist mit dem Wärmeabnehmerregler 21 für die Temperatur und dem Wärmeabnehmerregler 22 für die Menge versehen.

Die Fernwärme-Heizungsanlagen 24 der Häuser des zentralen Siedlungsteiles 2 weisen die Temperaturregler 23 und die Temperaturmeßstellen Ti auf.

Die Heizungsanlagen 18; 20 der Häuser der dezentralen Siedlungsteile 3 und der Einzelhäuser 4 weisen die Temperaturregler 26, die Temperaturmeßstellen Tiw des Wärmepumpenmediums, die Drehzahlmeßstellen nwi für die Pumpen der Wärmepumpen-Heizungsanlagen 18 sowie den Temperaturregler 27 und die Temperaturmeßstelle Tri für die Widerstands-Heizungsanlagen 20 auf.

Die Wirkungsweise für das Blockheizkraftwerk 6 ist folgende: Durch die Direktversorgung der dezentralen Abnehmer der Siedlungsteile 3 und der Einzelhäuser 4 mit Wärmestrom für die Wärmeversorgung wird erreicht, daß zeitgleich auch die Wärmeenergie für die des zentralen Siedlungsteiles 2 und des Gewerbezentrums 5 erzeugt wird.

In der Regel sind die Schwankungen des Wärmebedarfes wetter- bzw. klimaabhängig für alle Abnehmer von Fernwärme und Wärmestrom gleich. Damit ist eine Regelung der Stromkennzahl, nämlich das Verhältnis von Wärmestromabgabe zu Turbinen/Motorabgaswärme, nur sehr begrenzt notwendig. Der Heizenergiebedarf wird mit seinen Schwankungen durch die Versorgung des Verbrennungsmotors mit bzw. der Gasturbine 13 des Blockheizkraftwerkes 6 mit Brenngas geregelt. Bei großem Wärmebedarf wird viel Gas verbrannt, die Drehzahl des Motors bzw. der Gasturbine 13 steigt. Die elektrische Leistung und die erzeugte Frequenz und/oder Spannung des Wärmestromes des Generators 25 steigen ebenfalls, aber auch die Menge und Temperatur des Turbinenabgases für die Fernwärmeversorgung. Bei niedrigem Wärmebedarf tritt die gegenläufige Parameteränderung ein.

Der erzeugte Strom für das Wärmestromnetz 16 sowie die Drehzahl von Verbrennungsmotor bzw. Gasturbine 13 und Generator 25 sind somit starken Lastschwankungen unterworfen. Dies spielt aber für die Versorgung des Wärmestromnetzes 16 nur eine untergeordnete Rolle, da bei den Abnehmern mit sinkender Netzleistung auch die Abnehmerlast mit der Spannung und/oder Frequenz des Wärmestromnetzes 16 sinkt, was wiederum ungeregelt bei den Abnehmern eintritt.

Im Beispiel 2 wird über die Brennstoff-Luft-Zufuhr 10 das Brennstoff-Verbrennungsluft-Gemisch der Brennkammer 9 zugeführt. Durch das heiße Verbrennungsgas wird die Gasturbine 13 mit der Drehzahl ni betrieben und über den Abgasteil und möglicherweise auch über den Gasturbinen-Bypaß 29 der Wärmetauscher 15 mit Heizgas beaufschlagt. Das Abgas des Wärmetauschers gelangt mit der Abgastemperatur Tai in den Schornstein 19.

Nach Inbetriebnahme des Blockheizkraftwerkes 6 werden die Fernwärmeleitungen 7; 8 mit Wärme beaufschlagt.

Die Gasturbine 13 treibt mit der Drehzahl ni den Generator 25 an. Dadurch wird die Spannung Ui mit der Frequenz fi erzeugt und der Strom Ii in die Elektroenergieableitung 17 und in das als Ringleitung ausgebildete Wärmestromnetz 16 eingespeist.

Die Antriebe der Wärmepumpen 18 sind mit einer entsprechenden Drehzahl (Meßstelle nwi) in Betrieb und führen zur Verdichtung des Wärmeträgers entsprechend dem Temperaturregler 26 mit einer entsprechenden Temperatur (Meßstelle Tiw)...

Die elektrischen Widerstands-Heizungs-Anlagen 20 werden mit der Temperatur (Meßstelle Tni) entsprechend der

Einstellung des Temperaturreglers 27 betrieben.

Der andere Energieanteil, das im Wärmetauscher 15 erzeugte Heizwasser, wird über den Wärmeabnahmeregler für Temperatur 21 mit der Temperatur T_i und den Wärmeabnahmeregler für Menge 22 mit der Menge m_i über die Fernwärmeleitung 7 zum Gewerbezentrum 5 und über die Fernwärmeleitung 8 zum zentralen Siedlungsteil 2 transportiert und wird entsprechend dem Prozeß- und/ oder Heizwärmebedarf verwendet.

Mehrere Regelfälle sollen für das Regelungsverhalten am Beispiel 2 beschrieben werden:

Ausgangsbasis für die Regelfälle soll ein konstanter Heizungszustand $i = 1$ sein. Bei einer bestimmten Wetterlage mit dem individuellen Wärmebedarf aller Heizungsanlagen wird nach der Inbetriebnahme des Systems der Betriebsfall $i = 1$ mit den Parametern $B_i = B_1$, $n_i = n_1$, $T_{ai} = T_{a1}$ des Gasturbinensystems, den Parametern $m_i = m_1$, $T_i = T_1$ des Fernwärmesystems, den Parametern $U_i = U_1$, $f_i = f_1$, $I_i = I_1$ des Wärmestromnetzes erreicht. Entsprechend dem individuellen Bedarf der Abnehmer mit den beliebigen Reglerstellungen der Regler 23 mit den Temperaturen $T_{fi} = T_{f1}$ aller Fernwärme-Heizungsanlagen im zentralen Siedlungsteil 2 und im Gewerbezentrum 5 werden an jedem dieser Fernwärme-Heizungsanlagen unterschiedliche Fernwärmemengen abgegeben. Gleichzeitig wird analog entsprechend den beliebigen Reglerstellungen der Regler 26 Wärmestrom aus dem Wärmestromnetz 16 entnommen sowie mit beliebiger Drehzahl $n_{wi} = n_{w1}$ die Wärmepumpenheizungsanlagen 18 mit Vorlauftemperaturen $T_{wi} = T_{w1}$ betrieben, entsprechend den beliebigen Reglerstellungen der Regler 27 wird Wärmestrom aus dem Wärmestromnetz der Riongleitung 16 entnommen und Wärme mit beliebigen Temperaturen $T_{hi} = T_{h1}$ an den Widerstandsheizungen 20 erzeugt.

Ausgehend von dem beschriebenen Zustand $i = 1$ tritt eine Verschlechterung der Wetterlage ein, so daß niedrigere Außentemperaturen der Luft die Folge sind. Die Regler 23, 26, 27 werden größere Mengen an Fernwärme bzw Wärmestrom anfordern und es wird mehr Fernwärme für die Fernwärme-Heizungen 24 und mehr Wärmestrom aus dem Wärmestromnetz 16 entnommen. Da das Wärmestromnetz mit seinem Regler 28 auf die sinkende Spannung $U_i = U_2$ und Frequenz $f_i = f_2$ bei steigender Stromabnahme $I_i = I_2$ und sinkender Turbinendrehzahl $n_i = n_2$ reagiert, wird, bevor sich im Fernwärmenetz durch die steigende Wärmeabnahme die Rücklauftemperaturen auf $T_{fi} = T_{f2}$ erniedrigen, schon der Brennstoff-Luft-Regler 12 das Stellventil 11 weiter öffnen und über verstärkte Brennstoff-Luft-Zufuhr 10 mit der Menge $B_i = B_2$ die in die Turbine einzuleitenden Turbinengasmengen über die Verbrennung in der Brennkammer 9 steigern. Die Drehzahl der Turbine wird auf $n_i = n_3 > n_1$ angehoben, der im Generator erzeugte Strom wird auf $f_i = f_3 > f_1$, $U_i = U_3 > U_1$, $I_i = I_3 > I_1$ gesteigert. Da über die erhöhte Drehzahl n_3 gleichzeitig die Abgastemperatur auf $T_{ai} = T_{a3} > T_{a1}$ steigt, wird über den nicht näher beschriebenen Regelmechanismus des Wärmeabnahmereglers 21 die Fernwärmeumlaufmenge über steigende Drehzahl der Fernwärmepumpe 31 so lange gesteigert bis sich die Wärmeabgabe im Wärmetauscher 15 gesteigert und die Abgastemperatur T_{a1} wieder annähernd eingestellt hat. Die mit der sinkenden Umgebungstemperatur steigende Fernwärmeabnahme der Fernwärme-Heizungsanlagen 24 mit den zur Folge habenden sinkenden Rücklauftemperatur $T_{fi} = T_{f2} < T_{f1}$ wird dadurch schon entgegengezwirkt. Es wird sich durch die schnelle Regelung im Wärmestromnetz 16 die Zeitverzögerung im trägen Fernwärmenetz 7; 8 teilweise kompensieren und relativ zeitiger eine größere Fernwärmemenge über die Fernwärmepumpe 31 einstellen. In hier nicht weiter beschriebenen sich wiederholenden iterativen Regelschritten

wird der stabile Betriebsfall $i = 3$ eingestellt.

Regelfall 2

Ausgehend vom Betriebszustand $i = 1$ soll der Wärmebedarf im Gewerbezentrum 5 gesteigert werden. Die dort angeordneten Temperaturregler für Fernwärme 23 werden teilweise oder auch alle auf größeren Fernwärmeverbrauch gestellt. Durch die größere Mengenenntnahme aus der Fernwärmeleitung 7 reduziert sich die Menge zur Fernwärmeleitung 8, welches zur weiteren Öffnung der Temperaturregler Fernwärme im zentralen Siedlungsteil 2 führt, um dort die Temperaturen $T_{fi} = T_{f1}$ zu halten. Die größere Fernwärmemengenenntnahme führt zur Absenkung der Rücklauftemperatur an der Fernwärmetemperaturmeßstelle $T_i = T_{i2} < T_{i1}$, die damit ein Signal auf den Bypaßregler 30 und den Brennstoff-Luft-Regler 12 auslöst, die Brennstoff-Luft-Zufuhr wird über das Stellventil 11 weiter geöffnet, die Heißgasmenge in der Brennkammer 9 gesteigert und über den Bypaß 29 wird mehr Heißgas in den Wärmetauscher 15 geleitet. Auch hier erfolgt eine nicht weiter beschriebene iterative Annäherung der Aufteilung der Energieströme in das Fernwärme- und Wärmestromnetz 7; 8; 16.

Regelfall 3

Ausgehend vom konstanten Heizungszustand $i = 1$ soll in wenigen Einzelhäusern 4 der Wärmebedarf gesenkt werden. Dazu werden dort mit den Temperaturreglern für Wiederstandsheizung 27 und/oder Temperaturreglern für Wärmepumpenheizungen 26 niedrigere Temperaturen $T_{n2} > T_{n1}$ und $T_{w2} > T_{w1}$ eingestellt. Über die Regler 26; 27 wird die Wärmestromzufuhr für diese Einzelhausheizungen gedrosselt. Die Wärmestromabnahme $I_i = I_2 < I_1$ sinkt, damit steigt $U_2 > U_1$ und $f_2 > f_1$, weil aufgrund des geringeren Widerstandes am Generator 25 die Drehzahl $n_2 > n_1$ der Gasturbine 13 steigt. Über eine iterative Abfrage der sich verzögert einstellenden steigenden Abgastemperaturen $T_{ai} = T_{a2} > T_{a1}$ und Fernwärmeheizwärme mit $T_i = T_2 > T_1$ wird der Regler 12 die Brennstoff-Luft-Zufuhr drosseln, bis sich das System wieder eingeregelt hat.

Die Regelfälle des Beispiel 1 werden wegen seiner einfacheren Äquivalenz nicht gesondert beschrieben.

Das gesamte Fernwärme- und Wärmestrom-Inselsystem regelt sich mit wenigen Regelparametern. Die beispielhaft beschriebenen Regelfälle verallgemeinern sich wie folgt:

1. Für den Regelfall ist jeder regionalen Umgebungstemperatur bzw. Wetterlage tagesabhängig (Werktag/ Sonntag, Nacht/Tag) eine Standardlast an Wärmestrom und Fernwärme und damit ein Brennstoff-Luft-Mengenstrom B_i der Brennkammer 9 bzw. dem Verbrennungsmotor zugeordnet. Sie entspricht der normalen Abnehmerlast der Heizungsanlagen der Siedlungsgebiete 2; 3 und Einzelhäuser 4 und des Gewerbebezentrums 5 einschließlich der Verluste.
2. Werden Wärmestromverbraucher des Siedlungsgebietes 3 und/oder der Einzelhäuser 4 abgeschaltet oder gedrosselt, so steigt bei unveränderter Zufuhr der Brennstoff-Luft-Menge zu Verbrennungsmotor bzw. Gasturbine 13 die Spannung U und/oder die Frequenz f im Wärmestromnetz 16 wegen der geringeren Belastung des Generators 25 und der damit steigenden Drehzahl von Verbrennungsmotor bzw. Gasturbine 13. Im Ergebnis werden die Gastemperatur nach Verbrennungsmotor bzw. Gasturbine, die Fernwärmetemperatur T_i und die Abgastemperatur T_a steigen. Entsprechend der Fernwärmeabnehmerfestlegungen zum Wär-

mebedarf wird in Abhängigkeit von der eingetretenen Differenz der Fernwärmetemperatur dT_i der Brennstoff-Luft-Mengenstrom B_i um $dB_i = f(dT_i)$ abgesenkt. Die Drehzahl n_i der Gasturbine 13, die erzeugte Spannung/Frequenz U_i/f_i und die Fernwärmetemperatur T_i sinken so lange bis sich das System eingeregelt hat.

3. Wird dagegen die Fernwärmeabgabe gesenkt, stellt sich ebenfalls über die steigende Fernwärmetemperatur T_i nach dem Wärmetauscher 15 eine Differenz dT_i bei sinkender Fernwärmemenge m_i ein, welche analog zu Pkt. 2 eingeregelt wird. Die damit verbundene Drehzahlensenkung von Verbrennungsmotor bzw. Gasturbine 13 und Generator 25 führen bei unveränderter geringerer Fernwärmeabnahme zur Spannungsabsenkung/Frequenzabsenkung im Wärmestromnetz 16. Im Ergebnis wird der Widerstand am Generator 25 steigen. Bei Beispiel 2 wird der Bypass-Regler 30 die Bypassleistung drosseln, die Belastung und die Drehzahl der Gasturbine 13 sowie die Wärmestrommengen steigen wieder an und die Temperatur T_i des Fernwärmesystems sinkt. Die Stromkennzahl mit dem Verhältnis von Wärmestromabgabe zu Fernwärmeabgabe steigt.

4. Wird dieser Selbstregelleffekt der Stromkennzahl nach Pkt. 2. und 3 über-/unterschritten, so wird die vorhandene Mengenregelung der Gasturbine 13 wahlweise die Brennstoff-Luft-Zufuhr oder den Bypass 29 öffnen oder schließen und damit die Abgastemperatur T_{ai} und die Temperatur T_i des Fernwärmesystems verändern, bis das System sich eingeregelt hat.

Bei einer weiteren Lösung wird die Gasturbine 13 im Niederdruckteil zweiflutig ausgeführt und wahlweise ein oder zweiflutig gefahren.

Bei einer anderen Lösung wird die gestufte Regelung der Lastverhältnisse bzw. der Stromkennzahl über die Brennstoffzufuhr in einer Nachbrennkammer geregelt. Dies hat den Vorteil, daß der hohe Sauerstoffgehalt einer Gasturbinenanlage abgebaut und die Abgasverluste nach dem Wärmetauscher verringert werden.

Bei einer weiteren Lösung wird die Gasturbine durch einen mit einem Flüssigbrennstoff oder Gas betriebenen Motor ersetzt. Dies kann z. B. auch über alternative Biomasse- bzw. Holzvergasungsanlagen erfolgen.

Bei einer weiteren Lösung wird die Gasturbine durch eine Dampfturbine mit den Bypass ersetzenden Dampfpfanzapfungen und der Wärmetauscher durch einen Abhitzekegel ersetzt.

Bei dem Regelbetrieb von Gas und Dampfturbinen wird über vorgegebene Regelbereiche der Betrieb im kritischen Schwingungsbereich der Drehzahl vermieden bzw. minimiert.

Für den Wärmepumpenbetrieb sind die Verdichterpumpenantriebe unempfindlich gegen Frequenz und Spannungsschwankungen. Vielmehr entsteht bei Absenkung dieser Parameter bei kleinerer elektrischer Leistungsaufnahme eine geringere Verdichtung, damit erhält man steigende Arbeitszahlen der Wärmepumpen und größere Effektivität für die genutzte Umgebungswärme.

Das beschriebene System hat besondere Vorteile in Regionen mit geringem Wärmebedarf bzw. mit einem Besatz an Niedrigenergiehäusern. Die dort erforderliche geringe dezentrale Heizleistung von Einzelverbrauchern ist schon mit kleinen Einzeldirektheizungen aber auch besonders mit elektrischen Wärmepumpen sicherbar.

Durch die Erfindung treten folgende Vorteile ein:

1. Dezentrale und zentrale Wärmeverbraucher sind ohne eigene Nutzung öffentlicher Versorgungssysteme

von Kohle, Öl, Gas über einen zentralen Energieumwandler im Inselbetrieb versorgbar.

2. Bei der Wärmestromversorgung entfällt die aufwendige Frequenz/Spannungsregelung und weitere Havariesicherungssysteme der öffentlichen Netzeinspeisung.

3. Als Stromerzeuger sind einfachste Turbinen-, Motoren und Generatorsysteme ohne aufwendige Qualitäts-Sicherungssysteme genutzt werden.

4. Die hohen Unkosten, Vertragsgestaltungen und Preisunsicherheiten einer elektrischen Kopplung mit dem öffentlichen Stromversorgungsnetz der Netzbetreiber entfällt. Der Wettbewerb der Stromanbieter über den liberalisierten Strommarkt wird umgangen.

5. Wärmepumpen können mit einfachen unregelmäßig Pumpensystemen und Elektromotoren installiert werden.

6. An das Wärmestromnetz können Warmwasserheizungen angeschlossen werden.

7. Die Wärmestromnetze sind mit niedriger Frequenz/Spannung und damit verlustarm über einfachste elektrische Leitungen auch in einem übersichtlichen kompiziertem Gelände verlegbar; als Inselösungen auch in Regionen mit niedrigstem Wirtschaftsstandard.

8. Störungen im Wärmestromnetz müssen nicht gegen ein öffentliches Stromversorgungsnetz abgesichert werden.

9. Die Anlagen sind ohne Eingriff, Einfluß und in Konkurrenz zur Monopolstellung des öffentlichen, regionalen und überregionalen Energieversorgers errichtbar.

10. Die Systeme sind beliebig in Größe und Anzahl nachrüst- sowie koppelbar und ohne zusätzliche Synchronisiereneinrichtungen betreibbar.

11. Die Effizienz dieser Energiesystems ist hoch, ökologisch und nachhaltig. Die Nachrüstung von Wärmepumpen statt elektrischer Direktheizungen ist möglich.

12. In das System können nachträglich errichtete erneuerbare Energiesysteme für z. B. Wind, Wasserkraft, Photovoltaik, Geothermie und Solarenergie eingebunden werden.

13. Im Rahmen der Liberalisierung der Energiemärkte gewinnt der freie Stromhandel eine dominierende Rolle. Für hochwertige Industrien, wie Chip-Fabriken, Teilen von Auto-, Kunststoff- und Textilindustrie, wird die Lieferung von Strom hoher Qualität (Spannung/Frequenz) auch mit höheren Stromtarifen bezahlt werden müssen. Das getrennte Wärmestromnetz geht dieser Verteuerung aus dem Weg. Der freie "Broker-Handel" ist für diese Lösung ausgeschaltet. Dies kann für den Betreiber und Abnehmer des Wärmestromnetzes mit dem Wärmestrommonopol eine Voraussetzung für stabile Wirtschaftlichkeit und konstante Preisgestaltung sein. Es muß außerdem langfristig durch den liberalisierten Strommarkt mit gegenüber dem Brennstoff Öl und Erdgas sinkenden Strompreisen gerechnet werden, so daß die Wärmeversorgung mittels Strom wettbewerbsgünstiger wird.

Aufstellung der Bezugszeichen

- 1 Territorium
- 2 zentraler Siedlungsteil
- 3 dezentraler Siedlungsteil
- 4 Einzelhäuser
- 5 Gewerbezentrum
- 6 Blockheizkraftwerk

7 Fernwärmeleitung	
8 Fernwärmeleitung	
9 Brennkammer	
10 Brennstoff-Luft-Zufuhr	
11 Stellventil	5
12 Brennstoff-Luft-Regler	
13 Gasturbine	
14 Abgasteil	
15 Wärmetauscher	
16 Wärmestromnetz	10
17 Elektroenergieableitung	
18 Wärmepumpen-Heizungsanlagen	
19 Abgas-Schornstein	
20 Elektrische Widerstands-Heizungs-Anlagen	
21 Wärmeabnahmeregler für Temperatur	15
22 Wärmeabnahmeregler für Menge	
23 Temperaturregler	
24 Fernwärme-Heizungsanlagen	
25 Generator	
26 Temperaturregler	20
27 Temperaturregler-Widerstandsheizungsanlagen	
28 Regler für Wärmestrom	
29 Gasturbinen-Bypaß	
30 Bypaß-Regler	
31 Fernwärmepumpe	25

Meßstellen:

Tai Abgastemperaturmeßstelle	
Ti Fernwärmetemperaturmeßstelle	30
Tfi Temperaturmeßstelle für Fernwärmeheizungsanlagen	
Tni Temperaturmeßstelle für Widerstandsheizungsanlagen	
Twi Temperaturmeßstelle des Wärmepumpenmediums	
nwi Drehzahlmeßstelle für die Pumpe	
ni Drehzahlmeßstelle der Gasturbine	35
mi Fernwärmemengenmeßstelle	
Ui Meßstelle für Spannung	
Ii Meßstelle für Stromstärke	
fi Meßstelle für Frequenz	
Bi Meßstelle für Brennstoff-Luftmenge	40
Tni Temperaturmeßstelle der Widerstandsheizung	

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung und Verteilung von Elektro- und Wärmeennergie aus einer Kraft-Wärme-Kopplung, insbesondere aus einem Blockheizkraftwerk, in einem mit zentraler und dezentraler Abnehmerstruktur versehenen Territorium, wobei die Wärmeenergie über eine Nah/Fernwärmeleitung zu den zentralen Abnehmern transportiert wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Elektroenergie als sogenannter Wärmestrom mit variabler Spannung und/oder variabler Frequenz erzeugt, in ein separates Wärmestromnetz eingespeist, zu den dezentralen aus Wärmestromverbrauchern bestehenden Abnehmern geleitet und damit in einer bei den dezentralen Abnehmern installierten Heizungsanlage Wärmeenergie erzeugt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroenergie mit variabler Frequenz und/oder Spannung als Wechsel- oder Gleichstrom erzeugt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß in Abhängigkeit von einem leistungsabhängigen Steuerparameter des Wärmestromnetzes, insbesondere der Arbeitsabnahme der Wärmestromverbraucher und/oder der variablen Frequenz und/oder der variablen Spannung, die Brennstoff-Luft-Menge für

Verbrennungsmotor oder Turbine, die Abgasmenge und Temperatur vor dem Wärmetauscher, die Anzapfdampfmenge der Dampfturbine oder die Bypaß-Heißgasmenge der Gasturbine der Kraft-Wärme-Kopplung geregelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei Unterschreitung einer Mindestversorgung des Wärmestromnetzes mit den Steuerparametern die Leistung der Kraft-Wärme-Kopplung geregelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Leistung der Kraft-Wärme-Kopplung mit dem Steuerparameter geregelt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das System über die Stromkennzahl selbstregelnd betrieben wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizungsanlagen der dezentralen Abnehmer als Teileinheiten betreibbar und durch Zu- und/oder Abschaltung unabhängig von der Leistung des Wärmestromnetzes die Wärmestromzufuhr bei den Abnehmern geregelt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Wärmestromnetz und/oder die Abnehmer im Havariefall mittels eines frequenz- und/oder spannungsabhängigen Steuerungsimpuls der Kraft-Wärme-Kopplung mit dem öffentlichen Elektroenergienetz verbunden wird.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraft-Wärme-Kopplung mit einer Gasturbine oder mit einem mit Flüssig- oder Gasbrennstoff betriebenen Motor betrieben wird.

10. Verfahren nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizleistung der Heizungsanlagen der dezentralen Abnehmer über die Spannung und/oder Frequenz des Wärmestromes beeinflußt wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

